Beobachtungen und Geschichtliches

über die Wirkung

der

Zwischenrippenmuskeln.

Inaugural - Abhandlung

der

medicinischen Fakultät zu Erlangen

vorgelegt

von

Christian Baeumler,

Dr. med.

Erlangen, 1860.

Druck der A. E. Junge'schen Universitätsbuchdruckerei.

Es dürfte schwer sein, in der ganzen Physiologie einen Gegenstand zu finden, über welchen, so unbedeutend er an sich erscheinen mag, doch von Galen an bis auf unsere Tage mit so unermüdetem Eifer immer und immer wieder verhandelt worden wäre, als über die Wirkung der Intercostalmuskeln; und dennoch ist es zu einer Einigung der verschiedenen Ansichten bis jetzt noch nicht gekommen. Merkwürdigerweise ist es nicht eine grosse Reihe von Möglichkeiten, welche einen Abschluss des Streites verhindert hätte, sondern in den letzten beiden Jahrhunderten wenigstens waren es nur wenige, und zwar fast immer dieselben Punkte, um welche die Controverse sich drehte. Da wichtige neue Gesichtspunkte nicht eröffnet wurden, sind auch die Waffen, mit denen der Streit geführt wurde, stets dieselben geblieben: Aprioristische Deduktionen, geometrische Figuren und Gesetze der Mechanik, endlich Vivisektionen; an einem fehlte es aus anatomischen Gründen gänzlich, nämlich an der direkten Beobachtung am Menschen. Hierüber beklagen sich schon in den ältesten Zeiten einzelne Autoren, und mehrere wurden dadurch veranlasst, den Intercostalmuskeln jede eigentlich bewegende Wirkung abzusprechen. Es ist daher von Werth, wenn besondere anatomische Verhältnisse eine wenn auch nur beschränkte Ge-

legenheit bieten, das Spiel der Intercostalmuskeln am lebenden Menschen zu beobachten. Eine solche Gelegenheit fand sich im Laufe dieses Wintersemesters an einem Patienten der hiesigen medicinischen Klinik, bei welchem man angeborenen Mangel des Musc. pectoralis minor und eines grossen Theiles des Musc. pectoralis major entdeckte.

Herr Professor Kussmaul forderte mich auf, den Fall zu genauen Beobachtungen in der angedeuteten Richtung zu benützen und meiner Inauguralabhandlung zu Grunde zu legen; bei Veröffentlichung derselben sage ich meinem hochverehrten Lehrer, welcher mich durch seinen Rath und Mittheilung betreffender Literatur gütigst unterstützte, dafür meinen herzlichen Dank.

G. Bauer, 18 Jahre alt, Schreinergeselle aus Neustadt, stand wegeu einer rheumatischen Affektion der hinteren Halsmuskeln mit unbestimmten fieberhaften Erscheinungen einige Zeit in klinischer Behandlung. Patient ist nicht sehr kräftig entwickelt, nicht unbedeutend skoliotisch mit Convexität des oberen Theiles der Brustwirbelsäule nach links und entsprechenden Compensationskrümmungen; in Folge dessen ist das Manubrium sterni etwas nach rechts, der Proc. xiphoideus etwas nach links verschoben. Sehr frappant ist der Anblick der Brust; während der M. pectoralis major der linken Seite ganz normal entwickelt ist, findet sich rechts nur eine portio clavicularis und die obersten Bündel der p. sternocostalis, so dass der untere Rand des Muskels gerade den oberen der zweiten Rippe bedeckt. Unterhalb liegt der 2.—4. Intercostalraum unmittelbar unter der Haut. Man kann die Intercostalräume, sowie die Rippen vom Sternum an bis zu den Insertionen des Serr. ant. maj. deutlich verfolgen, und findet dabei keine Spur von Ursprungsbündeln des Pectoralis minor, die sich doch an der 3., 4. und 5. Rippe fühlen lassen müssten; es scheint also auch dieser Muskel vollständig zu fehlen, und damit mag es vielleicht zusammenhängen, dass die rechte fossa infraclavicularis etwas tiefer erscheint, als die linke. Doch könnte dies auch dadurch bedingt sein, dass der rudimentäre Pect. major viel

stärker entwickelt, resp. dicker ist, als jener der anderen Seite.

Aehnliche Beobachtungen von theilweisem Mangel des M. pect. major, womit in einigen auch Mangel des M. pect. minor verbunden war, finden sich in der Literatur mehrfach angeführt (s. Henle, Muskellehre p. 86); eine Untersuchung eines solchen Falles am Lebenden jedoch hat, wie es scheint, zuerst Ziemssen *) veröffentlicht, und aus seinen Beobachtungen interessante und wichtige Schlüsse für den Respirationsmechanismus gezogen.

Im vorliegenden Fall sind also der 2., 3. und 4. Interkostalraum bis zu dem Ursprung der Serratuszacken nur von der dünnen Haut bedeckt, so dass man z. B. die lebhaften fibrillären Zuckungen der Intercostalmuskeln, welche einmal nach dem Entkleiden bei dem gegen Frost sehr empfindlichen Patienten eintraten, auf's deutlichste zu sehen im Stande war. Der 1. Intercostalraum kann durch Emporschieben der rudimentären portio sternalis ebenfalls sichtbar gemacht werden.

Die Beobachtung der Respirationsbewegungen ergibt nun Folgendes:

1) Bei ruhigem Athmen sieht man während der Inspiration die im Ruhezustand etwas eingesunkenen Intercostalräume (2., 3. und 4) sich fast zum Niveau der äusseren Rippenflächen ausgleichen, die Rippen selbst sich dabei ein Minimum erheben; unmittelbar am Sternum, also zwischen den Rippenknorpeln sieht man Bündel des M. intercostalis internus deutlich sich anspannen, wobei dicht am Sternum, da, wo die Muskeln aufhören, jedesmal ein kleines Grübchen einsinkt. Legt man den Zeigefinger in einen der

*) H. Ziemssen, die Elektrizität in der Medicin. Berlin 1857. p. 63. Derselbe, Deutsche Klinik 1858. Nr. 16.

Intercostalräume, so fühlt man während jeder Inspiration ein zunehmendes Hartwerden der Intercostalmuskeln, das leichte Vortreten des Intercostalraumes und die Hebung der unteren Rippe.

Während der Exspiration sieht man das Zurücktreten des Intercostalraumes in den Ruhezustand, das Sinken der Rippen, und fühlt eine geringere Resistenz der Intercostalmuskeln.

2) Bei verstärkter Respiration bemerkt man im Beginn der Inspiration ein ganz geringes Einsinken der Intercostalräume, sehr rasch jedoch wird darauf durch Contraktion der Intercostalmuskeln die intercostale Vertiefung ausgeglichen; während der Exspiration geschieht das Zurücksinken in den Ruhezustand etwas langsamer, als bei gewöhnlichem Athmen.

3) Lässt man dagegen eine Exspirationsbewegung machen, bei welcher durch momentanen Verschluss der Glottis der Exspirationsdruck bedeutend gesteigert wird, z. B. Husten, so werden jedesmal die Intercostalräume etwas vorgetrieben, so dass sie niedrige Wülste darstellen, ganz wie dies Ziemssen von seinem Falle beschreibt. Der Thorax wird bei dieser modificirten Exspiration in seinen unteren Partieen komprimirt und etwas herabgezogen; sobald dies eintritt, hört die Wirkung der Intercostalmuskeln auf und setzt daher dem vermehrten Druck auf die innere Brustwand einen geringeren Widerstand entgegen.

4) Faradisirt man in einem Intercostalraum die Intercostalmuskeln, indem man die eine Elektrode an der Grenze des Serratus, die andere 1″ vom Sternalrand entfernt aufsetzt, so gerathen dieselben in Contraktion und die untere Rippe wird gehoben, wobei sie im Bogen nach aussen und oben sich bewegt. Eben so tritt eine, wenn auch geringere Hebung der Rippe ein, wenn man die zwischen

den Rippenknorpeln liegende Strecke faradisirt. Da bei der Hebung die Rippe eine Bewegung nach aussen und oben macht, stellt die kontrahirte Intercostalmuskelstrecke eine schiefe Ebene dar, und bietet dabei eine ausserordentliche Resistenz. Die betreffende Rippe verändert weder während der Inspiration noch Exspiration ihre Stellung, ja es ist selbst ohne Einfluss, wenn man eine verstärkte In- oder Exspiration machen lässt. Der von Ziemssen gemachte Versuch, durch Fingerdruck eine Rippe zu fixiren, um dann durch die Faradisation zu eruiren, ob nicht durch Vermehrung der Widerstände die Wirkung der kontrahirten Intercostalmuskeln modificirt würde, wurde mehrfach angestellt, ergab aber stets ein negatives Resultat, indem die hebende Wirkung stark genug war, auch die sich entgegenstemmenden Finger etwas mitzuheben.

Diese Beobachtungen stimmen mit den von Ziemssen in seinem Falle gemachten vollkommen überein, bis auf einen Punkt. Ziemssen fand nämlich die Inspiration von einer erheblichen Vertiefung der Intercostalräume begleitet, welche aber „bei forcirter Inspiration in der letzten Hälfte derselben, also dann, wenn es auf gewaltsame Erweiterung des Thorax ankommt, plötzlich verschwindet, so dass die Intercostalräume zu einer fast im Niveau der Rippen liegenden Ebene werden“. In unserem Fall wurde bei wiederholter Beobachtung niemals eine erhebliche inspiratorische Vertiefung der Intercostalräume gesehen, weder in den vom Intercostalis externus freien, noch in den davon bedeckten Theilen; lediglich am Rande des Sternums, wo der Interc. internus aufhört, sinkt ein kleines Grübchen ein. Da dieser Punkt wegen der daraus zu ziehenden Schlüsse von Wichtigkeit ist, verdient er noch eine etwas eingehendere Erörterung.

Da sich Gelegenheit bot, auch an einigen anderen Personen die Funktion der Intercostalmuskeln ziemlich deutlich zu sehen, richtete ich meine Aufmerksamkeit häuptsächlich

auch auf den erwähnten Punkt. Bei einer 46jährigen Bauersfrau, bei welcher gelegentlich der Exstirpation der rechten skirrhösen Mamma Theile des Pectoralis major abgetragen worden waren, konnte man im 4. und 5. Intercostalraum etwa $2^1/_2$'' nach aussen vom Sternum folgendes Spiel der Bewegung beobachten:

Im Anfang der Inspiration sinken die betreffenden Stellen beider Intercostalräume ganz gleichzeitig mit dem Einsinken der fossae supraclaviculares und suprasternalis ziemlich erheblich ein. Während nun die Hebung der nächst unteren Rippe eintritt, gleicht sich der Intercostalraum allmählig wieder aus, um während der Exspiration sogar ein Minimum vorgewölbt zu werden. Der Anfang der Inspirationen war bei dieser Frau sehr rasch und es schien, als ob die Contraktion des Zwerchfells jener der Intercostalmuskeln etwas vorausginge, und hierin dürfte vielleicht der Grund der intercostalen Vertiefung zu Anfang der Inspiration zu suchen sein.

Auch in diesem Fall konnte man sich bei forcirten Exspirationsbewegungen (Husten) von der nicht unbeträchtlichen Vorwölbung der Intercostalwandungen überzeugen.

Bei zwei hochgradig abgemagerten Individuen, bei welchen im Gleichgewichtszustand die oberen Intercostalräume als 1''' tiefe Gruben gegen das Niveau der Rippen zurückgesunken waren, war dagegen von einem weiteren Einsinken bei der Inspiration durchaus nichts zu bemerken; im Gegentheil, es fand bei jeder sowohl ruhigen, als verstärkten Inspiration eine Ausgleichung der Intercostalgruben, ja sogar eine ganz geringe Vorwölbung statt, während sie bei der Exspiration wieder in die Gleichgewichtslage zurücksanken. Man konnte das Hartwerden der Intercostalmuskeln sowohl zwischen den Rippenknochen, als Rippenknorpeln deutlich fühlen, dagegen wurden sie bei der Exspiration wieder weich. Bei dem einen Patienten, der an Cancroid des

Oesophagus litt und stärker abgemagert war, als der andere, konnte man bei jeder Inspiration die Anspannung der Intercostalmuskeln zwischen den Rippenknorpeln sogar an der Haut sehen. Auch bei diesen beiden Patienten wölbte Husten die Interkostalräume beträchtlich vor.

Das inspiratorische Einsinken der Intercostalräume ist daher durchaus nicht konstant, und dieser Umstand, sowie einige Beobachtungen von Vorhandensein desselben in Fällen, wo das Einströmen der Luft in die Lungen erschwert war, z. B. bei Bronchialkatarrh, bei Glottisverengung während der Chloroformnarkose, machen es mir wahrscheinlich, dass es als ein rein physikalisches Phänomen zu betrachten ist, welches dann entsteht, wenn die Ausgleichung des negativen Druckes im Thoraxraum mit der Erweiterung desselben nicht gleichen Schritt hält. Umgekehrt wird bei Exspirationsbewegungen, welche eine Druckdifferenz zu Gunsten des internen Druckes im Gefolge haben, ein Vorwölben der Intercostalräume stattfinden. Zum Zustandekommen dieser Erscheinungen ist jedoch noch etwas erforderlich, dass nämlich die Intercostalmuskeln entweder ihre Contraktion noch nicht begonnen haben (s. oben pag. 9), oder sich überhaupt während der betreffenden Respirationsphase nicht kontrahiren. Diese kann aber nicht allein bei der Exspiration, sondern in seltenen Fällen auch bei der Inspiration vorkommen, wenn diess nämlich eine rein abdominale ist, wobei der Thorax nicht nur nicht gehoben, sondern sogar nach abwärtsgezogen wird. Es würde daher korrekter sein, Heben des Thorax und Inspiration nicht gleichwerthig zu gebrauchen, denn man kann den Thorax beträchtlich erheben und erweitern, ohne dabei zu inspiriren, und umgekehrt können bei ausgesprochenster abdominaler Inspiration die Rippen gesenkt und der Thorax eingezogen werden. Bei dieser letzteren scheinen mir die Intercostalmuskeln gar nicht thätig zu sein und eben durch

ihre Unthätigkeit das Frappante dieser Inspiration möglich zu machen. Hieher gehört folgende Beobachtung, die ich auf der hiesigen chirurgischen Klinik zu machen Gelegenheit hatte.

Ein 5jähriger Knabe wurde, um wegen eines Blasensteins mit dem Katheter untersucht zu werden, chloroformirt. Im Anfang der Narkose war die Respiration wie vorher eine costo-abdominale; bei jeder Inspiration, durch welche der ganze Brustkorb etwas gehoben wurde, bemerkte man im 2. 3. und 4. Intercostalraum zwischen den Rippenknorpeln die Anspannung der Intercostales interni. Ein Einsinken war dabei nicht zu sehen, dagegen wurde als Zugwirkung des Zwerchfells der untere Theil des Thorax zwischen 6. und 9. Rippe im Ganzen leicht eingezogen; die falschen Rippen bewegten sich dabei ziemlich stark nach aussen.

Im weiteren Verlauf der Narkose trat nun aber eine rein abdominale*) Respiration ein mit sehr raschen schnarchenden Inspirationen, bei welchen die Bauchwand sehr bedeutend vorgewölbt wurde. Die vier oberen Rippen standen während In- und Exspiration bewegungslos, ihre Intercostalräume sanken bei der Inspiration etwas ein, tiefer die unteren, sehr stark die Fossae supraclaviculares und suprasternalis. Dagegen wurden die unteren Rippen von der 5. an evident nach abwärts gezogen. Das Anspannen der Intercost. interni war verschwunden. Die Einziehung der ganzen Thoraxzone zwischen 6. und 9. Rippe war nun sehr ausgesprochen und die falschen Rippen bewegten sich noch mehr nach auswärts, als zuvor. Bei der einige Tage

---

*) Das Vorwiegen der abdominalen Respiration soll bei kleinen Kindern Regel sein (Sibson in Med. chir. trans. vol. XXXI. p. 375. Beau und Maissiat citirt von Merkel, Anatomie und Physiol. des menschlichen Stimm- und Sprach-Organs. 1857. p. 13. Anm.)

darauf vorgenommenen Operation zeigte sich während der Narkose ganz dieselbe Reihenfolge von Erscheinungen.

Hier wirkten offenbar zwei Momente zusammen, um das Einsinken der oberen Intercostalräume möglich zu machen: 1) die Verengung der Glottis und 2) die Unthätigkeit der Intercostalmuskeln, wofür besonders das unverrückte Stehenbleiben der oberen Rippen spricht. Der Einziehung der unteren Rippen durch den Zug des Zwerchfells auf die nachgiebige kindliche Brustwand scheinen die Intercostalmuskeln entgegenzuwirken, wenigstens war dieselbe vor der Narkose unmerklich, und dies scheint mir ein weiterer Beweis für die Unthätigkeit der Intercostalmuskeln während der Narkose zu sein. Etwas Aehnliches beobachtete Haller *) bei seinen Experimenten über die Intercostalmuskelwirkungen bei Hunden. Bei isolirter kräftiger Aktion des Zwerchfells sah er in mehreren Fällen die 3—4 unteren Rippen eingezogen werden; kamen jedoch die Intercostales zur Thätigkeit, so verschwand diese Erscheinung und auch diese Rippen stiegen nach aufwärts.

Aus vorstehenden Beobachtungen lassen sich über die Wirkung der Intercostalmuskeln folgende Schlüsse ziehen:

1) Die Intercostalmuskeln sind nur bei Hebung des Thorax, also gewöhnlich bei der Inspiration in Thätigkeit, welche sich durch Anspannen und Hartwerden zu erkennen giebt; und zwar

2) nicht allein die Int. externi, sondern auch die interni **), deren Contraktion besonders deutlich ist.

---

*) A. v. Haller, Elem. physiol. Laus. 1761. t. III. p. 44.

**) Auch Sibson überzeugte sich bei Personen, die an Dyspnöe litten, dass die Interc. externi und intercartilaginei während der Inspiration in Thätigkeit seien. Philos. transact. 1846. p. IV. p. 501. 1.

Dass auch den internis hebende Wirkung zukomme, beweist ihre Faradisation zwischen den Knorpeln. Es ist demnach, wenn man bei der Inspiration Anspannen und Hartwerden dieser Muskeln wahrnimmt, kein Grund vorhanden, dies etwa blos als Zeichen einer passiven Spannung anzusehen.

3) Die Thätigkeit dieser Muskeln erstreckt sich nicht blos auf kräftige Inspiration, sondern ist auch bei gewöhnlicher, ruhiger Inspiration wenn auch in geringerem Grade vorhanden.

4) Bei der Exspiration, sowohl ruhiger, als verstärkter sind dieselben relaxirt; sie sind gegen äusseren Druck weniger resistent, und werden durch Verstärkung des inneren Druckes vorgewölbt, was, wie die Faradisation zeigt, nicht geschehen kann, wenn sie sich in Contraktion befinden.

5) die mechanischen Momente, welche die hebende Wirkung der Intercostalmuskeln auf die Rippen bedingen, sind jedenfalls sehr bedeutend, da selbst ein kräftiger Widerstand überwunden wird. Hiemit ist auch die Frage erledigt, ob ihre Wirkung nicht abhängig sei von der verschiedenen Fixation des Brustkorbes. Wäre dies der Fall, so müssten sie sich bei verstärkter Exspiration gewiss kontrahiren.

Ziemssen kam durch das von ihm beobachtete inspiratorische Einsinken, welches in der 2. Hälfte einer forcirten Inspiration plötzlich verschwand, zu dem Resultate, dass nur die interni bei ruhiger Inspiration thätig sind, die externi aber gegen Ende einer gewaltsamen Inspiration in Thätigkeit treten. Für die oben mitgetheilten Fälle lässt sich diese, physiologisch überhaupt nicht sehr wahrscheinliche Trennung der Funktionen der einzelnen Muskellagen nicht aufstellen.

Das Gesagte gilt allerdings zunächst nur für die genannten Muskeln in den vier oberen Intercostalräumen und auch hier nur für ihre vordersten Partieen. Es soll nun die weitere Aufgabe sein, die simultane hebende Wirkung auch der übrigen Theile dieser Muskeln wahrscheinlich zu machen. Vorläufig sei nur noch bemerkt, dass die directe Beobachtung der hebenden Wirkung auch der interni wenigstens in ihren vorderen Partieen um so wichtiger erscheint, als sich in neuester Zeit noch gewichtige Autoritäten für ihre exspiratorische Funktion ausgesprochen haben; und zwar ist hier nicht blos von den intercartilagineis die Rede, welche selbst Hamberger für Inspiratoren erklärte, denn gerade in den oberen Intercostalräumen sind die interni auch zwischen den Rippen noch ein gutes Stück weit von den externis unbedeckt, und doch wurde eine Unterbrechung der Wirkung an der Stelle, wo die Rippenknochen beginnen, nicht beobachtet. —

Die weitere Behandlung des Gegenstandes wird am besten von den vorhandenen Ansichten ausgehen; dabei dürfte es aber nicht unzweckmässig erscheinen, der Betrachtung der neueren Arbeiten einen kurzen historischen Ueberblick vorauszuschicken, theils der Vollständigkeit wegen, theils weil die hauptsächlichen Streitpunkte sich im Lauf der Zeiten nur wenig verändert haben; endlich aber weil man beim Durchgehen der Literatur gar nicht selten gerade in diesem Punkte auf ungenaue Angaben über die Ansichten älterer Schriftsteller stösst *).

Es ist nicht zu verwundern, wenn man allenthalben

---

*) Historische Angaben finden sich besonders bei Haller, Elem. phys. tom. III. VIII. 1. §. 13. Merkel l. c. p. 15. — Freund, der Zusammenhang gewisser Lungenkrankh. mit prim. Rippenknorpelanom. 1859. p. 8.

Unsicherheit und Schwankungen in den Ansichten über einen Gegenstand findet, der mit Theilen im Zusammenhang steht, deren Mechanik vielleicht zu der komplizirtesten und am schwersten zu erforschenden des ganzen menschlichen Körpers gehört.

Galen (geb. 131 p. Ch.) unterscheidet Intercostales exteriores und interiores und nimmt auch zwischen den Knorpeln 2 Muskelschichten an, welehe aber denen zwischen den knöchernen Rippen entgegengesetzt verlaufen *). Hinsichtlich der Funktion finden sich jedoch in seinen verschiedenen Schriften **) Widersprüche, welche den älteren Schriftstellern nicht geringe Sorgen machen, so dass man allenthalben auf Klagen darüber stösst. Fabr. ab Aquapendente ***) sucht jedoch dieselben durch Correktion der von ihm aus verschiedenen Gründen für korrumpirt gehaltenen Stelle (de caus. resp. „qui quum duplices sint, externi exspirationem, interni inspirationem perficiunt") in Einklang zu bringen. Die Mehrzahl der bezüglichen Stellen bei Galen stimme darin überein, dass die externi der Rippen den Thorax erweitern, die interni ihn verengen, und dass die Muskeln zwischen den Knorpeln die entgegengesetzte Wirkung hätten. Galen ist der Vater der Lehre von der alternirenden Wirkung der Interkostalmuskeln.

Vesal †) (geb. 1514) emancipirte sich, wie in vielem Anderen, auch hierin von Galen. Er sagt zwar, die externi zögen eine untere Rippe zur oberen, die interni die obere zur unteren und umgekehrt zwischen den Knorpeln,

---

*) Galeni opp. omn. ed. Kühn. De usu partium lib. VII.

**) De dissect. musc. cap. 12 ad fin. et cap. 23. De musc. motu lib. II. cap. 9 De usu resp. 15. De caus. resp.

***) F. ab Aquapend., de resp. et ejus instrum. Patav. 1625. lib. II. p. 72.

†) A. Vesal, de corp. hum. fabrica lib. II. cap. XXXV.

allein diese Uebereinstimmung mit Galen ist nur eine scheinbare, denn er sagt weiter, alle Intereostales müssten den Thorax verengen, was auch der grösseren Kraft entspreehend sei, welehe versehiedene exspiratorisehe Vorgänge, Blasen, Husten, Niessen, kurzum die Compression des Thorax gegenüber der Inspiration in Anspruch nehme.

Vesal's Sehüler G. Fallopia *) (geb. 1523) war der erste, welcher die Intercostalmuskeln riehtig beschrieb, indem er nachwies, dass nicht, wie bisher gelehrt wurde, vier Intercostalmuskeln existiren, sondern dass die externi vom Proe. transv. bis zum Anfang der Rippenknorpel, die interni vom Angulus der Rippe bis zum Sternum reichen; es sei also zwischen den Knorpeln kein Int. externus vorhanden. Auch mit Galen's Ansehauung von ihrer Wirkung stimmt er nieht überein; er bestritt, dass ihre Aktion eine Erweiterung des Thorax bewirken könne, ausser per aeeidens in der Art, dass dureh Heraufziehen einer Rippe immer der näehst untere Intereostalraum erweitert würde; oder indem dureh Emporziehen der oberen und Herabziehen der unteren Rippen durch äussere Muskeln die mittleren Intereostalräume erweitert würden; sie sind die Vermittler äusserer Zugwirkung auf die Rippen (.. et hac ratione per aeeidens dilatant, quod nisi adessent instrumenta exteriora ab ipsis minime fieret). Er lässt demnach den Intereostalmuskeln nur die Funktion von Ligamenten; Hauptinspiratoren sind ihm die Sealeni. Auch Arantius (eit. bei Haller) hält sie nur für eine Verstärkung der Brustwandung, weil ihre Wirkung am lebenden Mensehen nieht deutlieh sei.

Den Genannten gegenüber suchte H. Fabricius ab Aquapendente **) (geb. 1537) Galen's Lehre wieder zur

*) G. Fallopius, observat. anat. Helmstadi 1588. lib. II. cap, 17.

**) l. c. cap, 7. 10.

Geltung zu bringen, welcher er sich bezüglich der Eintheilung und Wirkung der Muskeln anschliesst. Bei ruhiger Inspiration fungire blos das Zwerchfell, steigere sich das Respirationsbedürfniss, so treten zur Unterstützung des Zwerehfells die Intercostalmuskeln in Thätigkeit. Die Contraktion der Int. externi beginne an den unteren Rippen und setze sich nach oben fort; den Bewegungsimpuls erhielten die unteren Intercostalmuskeln durch die vom Zwerchfell bewirkte Bewegung ihrer Rippen. Wenn nun von unten an eine Rippe zu der nächst oberen heraufgezogen werde, so würde der nächst untere Intercostalraum in höherem Grade erweitert, als der nächst obere verengt würde, und je mehr Rippen emporgezogen würden, desto mehr sei das der Fall. Man bemerkt übrigens, dass ihm dieser Punkt seiner Theorie selbst nicht recht klar vorkommt; denn, so schliesst er weiter, mag nun ein Intercostalraum direkt oder auf die angegebene Weise indirekt erweitert werden, immer sei doch die Folge, dass durch Emporziehen der unteren Rippen die Brusthöhle erweitert würde.

Die M. interni seien bei der Exspiration thätig, indem sowohl ihre Zugkraft, als ihre Verdickung dabei zur Verengung des Thorax zusammenwirke.

Die Galenische Ansicht blieb lange Zeit die herrschende; Haller *) sagt darüber: Galenum tota posteritas secuta est und nennt Oribasius, Spigelius, Riolanus, Th. Willis, G. Charleton etc., endlich selbst Swammerdam; bezüglich der M. externi war überhaupt in den späteren Jahrhunderten vollkommene Uebereinstimmung bezüglich ihrer (die Rippen hebenden) Funktion, welche wie Haller erzählt, später von Boissier de Sauvages „etiam calculis adhibitis“ befestigt wurde.

*) Haller elem. phys. III. VIII. 1. §. 13.

Eine von den bisherigen abweichende Theorie, dass nämlich nicht blos die externi, sondern auch die interni bei der Inspiration zugleich thätig seien, stellte A. Borelli *) (geboren 1608) auf, der in dem genannten Werke die bei den Erscheinungen des thierischen Lebens wirksamen physikalischen Gesetze zu erforschen sucht. Er behauptet, die gekreuzten Fasern der Intercostales könnten nur eine Wirkung haben, nämlich die Rippen einander zu nähern, und zwar wirkten sie dabei in der diagonalen Richtung ihrer Kreuzung — „eadem necessitate, qua obliquis filis inclinatis ad oppositas partes trahitur pondus appensum per directionem perpendicularum ad horizontem". (p. 107). Die Erweiterung des Thorax bewirken sie durch Heben der Rippenbogen und des Sternums — also im Querdurchmesser und von vorne nach hinten. Wirkte nur eine Muskellage, so müssten die Rippen bei deren Contraktion Verbiegungen erleiden. Die Ansicht des Zusammenwirkens beider Faserschichten zur Hebung der Rippen vertrat auch Mayow **) hauptsächlich aus dem Grunde, weil ihm die interni für eine selbstständige exspiratorische Funktion zu schwach zu sein schienen.

Bisher war die Begründung der verschiedenen Ansichten eine vollkommen willkührliche. Der erste, welcher seine Ansicht über die Funktion der Intercostales durch eine physikalische Analyse ihrer Bewegungsverhältnisse zu begründen suchte, war Franc. Bayle ***), der durch Aufstellung der bekannten, gewöhnlich Hamberger zugeschriebenen,

---

*) A. Borelli, de motu anim. P. II. cap. VII. prop. 84. 90. Lugd. Batav. 1710.

**) Mayow, tractat. duo, querum prior agit de resp. etc. Oxon. 1669.

***) F. Bayleus, Inst. phys. Tolosae 1700. tom. III. tract. II. Art. V. 66. sq. p. 131. Findet sich auch genau citirt bei P. Sylvan. Regis, cours entier de philosophie. Amst. 1691. tome II. liv. VII. cap. 7.

geometrischen Figur den Zankapfel in dieses Gebiet geworfen hat, an welchem später ein so erbitterter Streit entbrennen sollte. Er führt nämlich die Wirkung der Intercostalmuskeln auf das einfache Hebelgesetz zurück, dass von 2 Hebeln, auf welche eine Kraft wirkt, derjenige leichter bewegt wird, an welchem der Angriffspunkt vom Hypomochlion entfernter ist. Demnach müssten die I. externi, deren obere Insertionen der Wirbelsäule (Hypomochlion) näher seien, als die unteren, hauptsächlich auf die untere Rippe wirken und sie heraufziehen, sie seien also Inspiratoren; umgekehrt müssten die interni die obere herabziehen und seien also Exspiratoren. Er weist sodann an der bekannten geometrischen Figur nach, dass die interc. externi bei Aufwärtssteigen der Hebel kürzer, die interni dagegen länger werden, und umgekehrt. Trotzdem er dadurch die alternirende Wirkung der Muskeln unwiderleglich bewiesen zu haben glaubt, hält er sich doch nicht der Nothwendigkeit enthoben, auch die entgegengesetzten Ansichten und Gründe eingehend zu würdigen, und sucht die Quellen der verschiedenen Irrthümer nachzuweisen. Z. B. nimmt er gegen den Einwand, dass man bei Vivisektionen Contraktion der interni beobachte, den Muskeltonus in Anspruch, den man nicht mit Contraktion verwechseln dürfe. Die Art der Nervenanordnung (die man überhaupt nicht genau kenne) und das nahe Aneinanderliegen der Muskeln könne ebenfalls nichts beweisen, da auch die so vielfach verflochtenen Fasern der Zunge sich in einzelnen Partieen contrahiren könnten. Ein Zusammenwirken beider Muskellagen wäre eine Kraftverschwendung, „quod adversatur sapientiae Conditoris, quae odit superflua etc.“; denn gerade Fasern würden mit geringerem Kraftaufwand dasselbe leisten und wären in grösserer Zahl anzubringen gewesen, als schiefe. Er berücksichtigt auch die grössere Festigkeit der ersten Rippen, schreibt ihnen aber eine, wenn auch geringe Aufwärtsbewegung zu; u. s. w.

Bayle's Ansicht oder vielmehr seiner Begründung der schon vorher durch Fallopia in ihrem anatomischen Theile modificirten Lehre Galen's folgten viele Autoren; Haller (l. c.) erwähnt unter Anderen J. W. Pauli, Ch. Vater, F. Nicholls, B. Hoadley etc.

Aber auch Borelli's Lehre hatte viele Anhänger, darunter sehr berühmte Namen, die bedeutendsten Anatomen, Winslow, Albin, Cheselden, Lieutaud, ferner J. B. Senac *), Boerhaave.

Endlich fehlte es auch an Solchen nicht, welche einen Mittelweg zwischen den beiden Hauptansichten der simultanen inspiratorischen, und der alternirenden Wirkung einschlugen; so citirt Haller **) R. A. Behrens, welcher glaubte, dass bei fixirtem Thorax auch die interni die Rippen heben könnten, dass aber, wenn die Rippen durch die Bauchmuskeln abwärtsgezogen werden, auch die externi die Depression unterstützten, eine Ansicht die auch in neuester Zeit noch vertreten wird (H. Meyer ***), Hyrtl †).

Die Mitte des vorigen Jahrhunderts ist es nun, in welchem die Diskussion über diesen Gegenstand ihren Höhepunkt erreichte und zu jenem berühmt gewordenen Streit zwischen Haller und Hamberger führte. G. Ehrh. Hamberger (Professor in Jena gest. 1755) trat nämlich 1727 in seiner dissertatio de respirationis mechanismo von Neuem mit einem geometrisch-physikalischen Beweis auf, der sich von dem Bayle's durch nichts weiter unterscheidet, als dass noch einige naheliegende Consequenzen aus

---

*) Haller bemerkt zu dem Citat, Mem. de l'academ. 1724: quo loco refutat Bayleum.

**) l. c. p. 35.

***) H. Meyer, Lehrbuch der physiol. Anatomie des Menschen. p. 187.

†) Hyrtl, Anatomie des Menschen 1855. p. 332.

demselben gezogen und hinzugefügt sind. Hamberger thut übrigens Bayle's keiner Erwähnung und von Haller darauf hingewiesen, dass sein Beweis kein neuer sei, legt er besonderes Gewicht auf den von ihm zuerst demonstrirten Antheil des Sternums an der Respirations-Mechanik („sine quo omnis mechanica pectoris caderet") von der Bayle keine Ahnung gehabt hätte *). A. v. Haller (gest. 1777) der, wie er erzählt **), bei Bearbeitung seines Commentars zu Boerhaave zu einer genauen Prüfung der verschiedenen Ansichten und experimenteller Feststellung der Frage geführt wurde, in Folge deren er sich der Ansicht seines Lehrers anschloss, trat ihm entgegen. Der daraus sich entwickelnde Streit, welcher durch fast 25 Jahre durch viele kleinere Schriften theils der beiden Männer selbst, theils ihrer Schüler stets wieder neue Nahrung erhielt, wurde von Seiten Hambergers mit grosser Gehässigkeit und persönlichen Invektiven geführt, so dass Haller an verschiedenen Stellen seiner Werke sich über die bitteren Feindseligkeiten dieses Mannes beklagt. Hamberger war nämlich von der Unerschütterlichkeit seines geometrischen Beweises so fest überzeugt, dass er schon durch das leiseste Bedenken gegen die Zulässigkeit desselben beleidigt wurde; er unterschied nämlich dabei nicht, ob die Anwendbarkeit der an und für sich ganz richtigen, von Haller selbst als solcher anerkannten Beweisführung auf die Verhältnisse der Rippen, oder die Richtigkeit der geometrischen und physikalischen Gesetze selbst angezweifelt wurde; auf die Experimente Haller's hatte er daher keine andere Entgegnung, als dass sie gegen die „geometrische Nothwendigkeit" seien, und in der Vorrede zur Physiol. med. Jena 1751. p. 18 sagt

*) G. E. Hamberger, de resp. mech. et usu genuino una cum script. etc. Jen. 1748. p. 43.

**) Elem. phys. lib. VIII. sect. I. §. 14.

er: „Atque haec nullis Hallerianis experimentis infirmantur; id potius exploratum est, omnia esse falsa, quae aliquid docent, quod geometriae est contrarium, etiam si mille testes eadem vidissent; aut enim hospites sunt in geometria, ut ipse autor experimentorum“ etc. Eine Einigung war unter diesen Verhältnissen nicht möglich. Auf die Zeitgenossen wirkte jedoch die Beweiskraft der Experimente Haller's mehr ein, als Hamberger's geometrische Deduktion; und die übermüthige und verächtliche Sprache des Letzteren gegen Haller trug gewiss nicht wenig dazu bei, dass Haller's Lehre von der simultanen inspiratorischen Wirkung beider Intercostalmuskeln allgemein angenommen wurde, die Hamberger'sche Beweisführung dagegen ganz in Vergessenheit gerieth. Ueber den Stand der Frage zu Anfang unseres Jahrhunderts giebt eine Notiz Aufschluss, welche sich bei Hutchinson *) findet; er citirt eine Stelle von J. Barklay, (on muscular motion Ed. 1808) welcher sagt, die Annahme einer antagonistischen Thätigkeit beider Mnskellagen sei nun veraltet und müsste aller Beobachtung und Experimenten entgegen nur durch die Zauberkraft der Phantasie erfunden worden sein.

Der geometrische Beweis hatte übrigens ein sehr merkwürdiges Schicksal: er wurde immer wieder vergessen und immer wieder von Neuem entdeckt, um eine Zeit lang die Ansichten zu beherrschen. Neuerdings wurde er wieder zu Ehren gebracht, resp. zum dritten Male entdeckt, von Hutchinson, denn er sagt ausdrücklich, er habe in keinem Werke etwas über den Einfluss schief wirkender Kräfte auf parallele Hebel gefunden **). Uebrigens giebt Hutchinson

*) Todd, Cyclopaed. of anat. and physiol. Art. Thorax by Hutchinson. pag. 1046.

**) On the respiratory functions in Med. chir. trans. vol. XXIX. p. 213.

in dieser ersten Mittheilung seiner Versuche darüber noch die Möglichkeit zu, dass auch die Interc. interni in Verbindung mit den externis die Rippen heben könnten, indem sie ihr punctum fixum im Sternum hätten (l. c. p. 215). In einer späteren, sehr ausführlichen Erörterung *) dieses Gegenstandes kommt er jedoch ganz zu denselben Resultaten, wie Hamberger, dessen Beweis er, wie es scheint, aus Haller's Schriften unterdessen kennen gelernt hatte.

Hutchinson schliessen sich bis auf eine geringe Modifikation Donders **) und Ludwig ***) an; dagegen kamen Sibson ****), Beau und Maissiat *****) durch Experimente zu Resultaten, die von den bisherigen vollkommen abweichen (siehe weiter unten), während Traube †) auf demselben Wege der Hamberger'schen Ansicht eine neue Stütze gab. In neuester Zeit endlich sind wieder gewichtige Stimmen zu Gunsten der von Haller vertretenen Lehre laut geworden; in diesem Sinne sprechen sich Helmholz ††), Merkel †††), Meissner ††††), Henle *†) und Budge **†) aus.

---

*) Art. Thorax p. 1055.

**) Donders, Physiologie des Menschen 1856. 1. Bd. p. 392.

***) Ludwig, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. 1856. 2. Bd. p. 310.

****) Sibson, on the mechanism of respiration. Philos. trans. 1846. p. IV. p. 501. — Med.-chir. trans. vol. XXXI. p. 359.

*****) Arch. gen. 1842. Ref. in Schmidt's Jahr. 1844. B. 41. p. 144.

†) Traube, Beitr. zur experim. Pathologie und Physiol. 1846. Ref. in Schmidt's Jahrb. 1848. Bd. 59. p. 40.

††) Verhandlungen des natur-historischen Vereins der preussischen Rheinlande etc. 1856. 3. Sitzungsbericht 12. März. Ref. von Meissner, Bericht über die Fortschritte der Physiologie im Jahre 1846. p. 486.

†††) Merkel, l. c. ††††) l. c.

*†) Henle, Handb. der system. Anatomie. I. 3. p. 100.

**†) Budge, über die Wirkung der Intercostalmuskeln. Archiv für physiologische Heilkunde. 1857. p. 63 ff.

Wie aus diesem historischen Ueberblick hervorgeht, sind in den verschiedenen Ansichten fast alle Möglichkeiten erschöpft; es sind jedoch nur folgende näher zu betrachten.

1) Beide Intercostalmuskeln wirken alternirend, indem die externi der Inspiration, die interni der Exspiration dienen. (Galen, Bayle, Hamberger, Hutchinson, Donders, Ludwig).

2) Beide Muskellagen wirken gemeinschaftlich nur bei der Inspiration (Borelli, Boerhaave, Haller, Budge, Merkel, Meissner, Helmholtz).

3) Beide Intercostales dienen in gemeinschaftlicher Wirkung der Exspiration. (Vesal, Beau und Maissiat).

4) Beide wirken mit einander, aber je nach dem punctum fixum bald in-, bald exspiratorisch. (Behrens, H. Meyer, Hyrtl u. A.)

Dass die Intercostalmuskeln bei der Respiration überhaupt als bewegende Kräfte in Thätigkeit sind, und nicht blos als Verstärkung der Brustwand dienen, ist nicht mehr zu bezweifeln, seitdem zahlreiche Vivisektionen und Beobachtungen am Menschen den unwiderleglichen Beweis geliefert haben, dass sie die Rippen bei der Inspiration heben. Käme es nur auf die verschiedene Fixation des Thorax an, ob sie hebend oder senkend auf die Rippen wirken, so wäre es nicht möglich, dass bei kräftigen Exspirationsbewegungen die Intercostalräume als Wülste vorgetrieben werden, wobei die Intercostalmuskeln nothwendig erschlafft sein müssen. Ist also schon bei forcirten Respirationsbewegungen die Fixation des Thorax ohne Einfluss, so wird bei gewöhnlicher Respiration noch weniger Grund dafür vorhanden sein; überhaupt ist in jener Ansicht der Fall, wann sie in Thätigkeit treten sollen, nicht genau genug präcisirt. Da nämlich bei jeder In- und Exspiration ein Wechsel in der Fixation des Thorax stattfindet, so müssten sie eigentlich in ununterbro-

chener Thätigkeit sein. Diess ist aber ebenso unwahrscheinlich, als die Ansicht physiologisch unbegründet ist.

Die eben berührte Möglichkeit, dass beide Muskelschichten unter gewissen Bedingungen eben sowohl hebend, als senkend wirken können, wird von Bayle und denjenigen, welche seinen Beweis adoptirt haben, vollkommnn ausgeschlossen. Bayle's Schema lässt für die externi nur hebende, für die interni nur senkende Wirkung zu, alles Andere ist physikalisch unmöglich. Bei Betrachtung der beiden Hauptlehren von der Wirkung der Intercostalmuskeln, nämlich der simultanen inspiratorischen und der alternirenden Thätigkeit derselben, ist es daher unumgänglich nothwendig, die Beweisführung Bayle's einer genauen Prüfung zu unterziehen, um so mehr, als seine Voraussetzungen sich nicht auf physiologische Beobachtungen stützen, sondern seine Resultate im Gegentheil damit im Widerspruch stehen. Da aber die hieher bezüglichen Punkte im Hamberger-Haller'schen Streite nach allen Seiten hin beleuchtet wurden, so werden wir am zweckmässigsten von einer ausführlicheren Betrachtung jenes Streites ausgehen; die durch neuere Arbeiten noch hinzugekommenen Gründe für die eine oder die andere Ansicht werden dabei ebenfalls ihre Stelle finden.

Ganz wie Bayle stellte Hamberger *) die Rippenbewegungen nach dem Schema mehrerer gleichbeweglicher, paralleler, gerader Hebel dar, welche an einer Säule auf- und abwärts gedreht werden können. Sie sind wie die Rippen mässig gegen den Horizont geneigt, so dass also die Winkel, welche sie mit der vertikalen Säule nach unten einschliessen, kleiner sind, als rechte. Werden diese Hebel gleichmässig gehoben, so dass die erwähnten Winkel sich rechten nähern, so wird die Entfernung zwischen ihnen grösser. — An der von Bayle

*) Hamberger, Physiol. med. Jen. 1751. §. 257. sq. p. 140.

herrührenden Figur *), welche das genannte Schema versinnlicht, führt er sodann wie jener den geometrischen Beweis, dass die Interc. externi beim Heben der Rippen kürzer, die interni länger werden, und umgekehrt beim Senken der Rippen. Hamberger vervollständigte übrigens die Figur, indem er durch zwei daranstossende aufsteigende und eine beide verbindende senkrechte Linie die Rippenknorpel und das Sternum darstellt; zwischen beiden aufsteigenden Linien repräsentirt eine schiefe Linie die zwischen den Knorpeln verlaufenden interni. Beim Heben der Rippenknorpel verhalten sich diese wie die externi zwischen den Rippen, — sie müssen kürzer werden; Hamberger trennt sie desshalb von den internis und nennt sie intercartilaginei (l. c. §. 237: hos musculos, quia ratione directionis fibrarum cum externis intercostalibus, ratione officii vero cum internis non conveniunt, intercartilagineos adpellare liceat).

Die weitere Beweisführung stützt sich auf den Satz dass die Muskeln, während sie kürzer werden, in Thätigkeit sind; nach dem Vorausgegangenen müssen daher die externi und intercartilaginei bei der Hebung der Rippen in Thätigkeit sein, sie sind also Inspiratoren; die interni dagegen können nicht Inspiratoren sein, da sie bei der Hebung länger werden, sie sind vielmehr bei Senkung der Rippen thätig, also Exspiratoren. — Aus der Figur ergiebt sich ferner, dass bei Hebung der Rippen und Knorpel, wobei der Winkel, den beide an ihrer Vereinigungsstelle einschliessen, grösser wird, das Sternum etwas nach vor- und aufwärts rückt.

Den Beweis endlich, dass die I. externi und intercartilaginei die Rippen wirklich heben, die interni dagegen sie

*) Die Figur mit dem geometrischen Beweis findet sich in den meisten Lehrbüchern der Physiologie. Vrgl. Donders, p. 391.

herabziehen, führt Hamberger nach Bayle aus der verschiedenen Entfernung der Ansatzpunkte vom Hypomochlium (s. oben). Zur Versinnlichung aller dieser Verhältnisse konstruirte er einen rahmenartigen Apparat, dessen 4 Leisten an ihren Vereinigungsstellen drehbar verbunden sind. Befestigte er daran eine Schnur nach der Richtung der äusseren Intercostalmuskeln und zog er dieselbe an, während er die eine senkrechte Leiste (Wirbelsäule) festhielt, so bewegten sich die beiden geneigten parallelen Leisten nach aufwärts, die das Sternum vorstellende nach auf- und vorwärts, umgekehrt folgte auf Zug in der Richtung der inneren Intercostalmuskeln Senkung der Leisten. Durch diese geometrische und physikalische Beweisführung, welche durch ihre Einfachheit sehr viel Bestechendes hat, glaubte Hamberger die Sache unwiderleglich festgestellt zu haben. — Nimmt man zur Ausführung des letzterwähnten Experimentes, wie es Hutchinson und Budge gethan haben, Kautchoucstreifen, die man zwischen den Leisten ausspannt, so hat man die Natur noch mehr nachgeahmt; man findet nun konstant das von Hamberger angegebene Resultat, dass ein in der Richtung der Interc. externi gespannter Streifen zunächst die untere und durch deren Befestigung an die eine vertikale Leiste (Sternum) auch die obere Leiste erhebt, ein in der Richtung der interni gespannter Streifen dagegen immer senkende Wirkung hat. Gegen die Richtigkeit dieser Resultate lässt sich ebenso wenig, als gegen die geometrische Beweisführung das Geringste einwenden. Haller, der das Experiment prüfte *), war von der Richtigkeit der Resultate ebenfalls überzeugt; dagegen hat er aber Hamberger wiederholt darauf hingewiesen, dass dieses Schema den natürlichen Verhältnis-

*) Mem. sur la respir. Laus. 1758. Op. min. Laus. 1763. XII. I. tom. I.

sen nicht entspreche; die Rippen sind keine geraden, parallelen, gleichbeweglichen Hebel. Betrachten wir die Unterschiede im Einzelnen noch etwas genauer.

Die Hebel am Schema sind gleichbeweglich, die Beweglichkeit der Rippen (in ihrer Verbindung mit dem Sternum) nimmt von der 1. zur 12. zu. Haller fand bei direkten Messungen die 2. Rippe mehr als fünfmal beweglicher als die 1., die 3. beweglicher als die 2., die 4. etwas beweglicher als die 3.; die 1. Rippe ist demnach bei Weitem die festeste. Diess muss von grösstem Einfluss sein auf die Wirkung der bewegenden Kräfte, denn es kann an einem Hebelapparat die verschiedene Beweglichkeit der Hebel die aus den Angriffspunkten der Kräfte resultirende Bewegung möglicherweise gerade umkehren. Hamberger hielt jedoch dieses Widerstandsmoment für keiner Beachtung werth, und auch diejenigen, welche neuerdings auf seiner Seite stehen, lassen es entweder ganz unberücksichtigt, oder halten es, wie Hutchinson (l. c. p. 1046) für unwichtig. Weit mehr hat Sylv. Regis (l. c. p. 551) dasselbe gewürdigt; er glaubt jedoch, dass zum Herabziehen der oberen Rippen die Wirbelsäule und das Becken, wo sich die Bauchmuskeln inseriren, zum mindesten ebenso feste Punkte seien, als das Schlüsselbein (resp. die Festigkeit der oberen Rippen) zum Heraufziehen der unteren; den Beweis jedoch, dass die interni wirklich bei der Exspiration thätig seien, hat er damit noch nicht geliefert.

Die Rippen sind ferner nicht ganz parallel und auch nicht vollkommen starre Hebel, sondern können in ihrer Continuität gebogen und ihre Wölbung dadurch vergrössert werden. Sie sind endlich nicht, wie jene Hebel an einem Punkte befestigt, sondern an drei. Die sternale Befestigung suchte Hamberger zwar an seinem Apparat anzubringen, allein er machte die Befestigung gleichbeweglich,

während in Wirklichkeit der erste Rippenknorpel mit dem Brustbein verwachsen ist, die übrigen aber durch ihre gelenkige Einfügung und wachsende Länge nach unten an Beweglichkeit zunehmen. Die Rippen sind aber überhaupt durch ihre Verbindung mit dem Sternum elastisch eingespannt, so dass die beiden ersten Rippen, wenn man sie vom Sternum trennt, etwas nach aüfwärts, die unteren aber etwas nach abwärts steigen. Es ist daher nicht blos die Wirbelsäule, sondern gewissermassen auch das Sternum ein punctum fixum gegenüber den Rippen, während es im Hamberger'schen Schema nur ein Anhängsel an die Rippen bildet, welches vielmehr ihren Bewegungen folgt, anstatt dieselben zu modificiren.

Was nun die hintere Befestigung der Rippen betrifft, so ist dieselbe mit dem einfach auf- und abwärts zu bewegender Hebel zunächst nicht wohl zu vergleichen. Die doppelte Gelenkverbindung gestattet zwar in ganz geringem Maasse ein Heben und Senken des Rippenhalses, die ausgiebigste Bewegung ist aber nach Henle *), H. Meyer **), Meissner ***) eine Drehung um die das Gelenk des Köpfchens und Höckers der Rippe mit einander verbindende Axe. Demnach muss die von dem Angulus an nach vorne und abwärts sich biegende Rippe, wenn sie vorne von ihrem Knorpel getrennt ist, bei einer Bewegung nach aufwärts in jedem Punkte einen Kreisabschnitt durchlaufen, dessen Radius eine von der Gelenksaxe (resp. deren Verlängerung) rechtwinklich nach dem betreffenden Punkte der Rippe gezogene Gerade darstellt. Die Bewegung geht nicht blos nach aufwärts, sondern zugleich von der Medianlinie nach aussen und wegen der Neigung der ganzen Rippe gegen den Horizont etwas nach vorne. Immerhin würde

*) Henle, Bänderlehre p. 33.
**) l. c, p. 66.
***) l. c. p. 485.

sich trotz des grossen Unterschiedes in der Gelenkbefestigung Bayle's Hebelschema doch auf mehrere parallele, gleichgewölbte Rippen mit der beschriebenen Bewegung anwenden lassen, wenn diese Bewegung in Wirklichkeit ebenso stattfinden könnte, d. h. wenn die Rippen vorne frei wären; sie erleidet aber dnrch die vordere Befestigung an das Sternum eine erhebliche Modifikation, welche zuerst Helmholtz *) genauer kennen lehrte. Eine Entfernung der vorderen Rippenenden vom Brustbein nach aussen ist nämlich bei dieser Verbindung der Rippen nicht möglich, „und deshalb können sich die Rippen nur heben, indem sie selbst und ihre Knorpel sich gleichzeitig biegen.“ Die einzelnen Rippenringe können sich daher in ihren hinteren Gelenken nicht frei bewegen, „sondern haben vielmehr eine Gleichgewichtslage, in welche sie stets wieder zurückspringen, sobald man sie nach unten oder oben aus ihr entfernt“. Auf weitere wichtige Verhältnisse in dieser Beziehung hat Freund **) aufmerksam gemacht, indem er die Spannungen hervorhebt, in welche die Rippenknorpel bei der Inspiration gebracht werden, und besonders auf den Gegensatz hinweist, in welchem die 1. Rippe in dieser Hinsicht zu den übrigen, namentlich den unteren wahren Rippen sich befindet. Während nämlich den Knorpeln der letzteren in der Gleichgewichtslage eine (also exspiratorische) Spiralstellung zukommt, welche bei der Inspiration eine Ausgleichung erfährt, wird der Knorpel der 1. Rippe dagegen bei der Inspiration aus seiner exspiratorischen ebenen Lage in inspiratorische Spiralstellung gebracht. Die Folge

---

*) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westphalen's 1856, 3. Sitzungsbericht 12. März. Ref. von Meissner, l. c. p. 486. Cit. v. Freund, l. c. p. 14.

**) l. c. p. 15. sq.

ist ein Zustand höchster Elasticitätsspannung am Ende der Inspiration. „Wie in der Inspiration demnach die hinteren Enden der Rippen durch ihre Drehung das ganze Gebäude bewegten, so riefen sie selbst dadurch an ihren vorderen Enden einen Spannungszustand hervor, der beim Nachlass der ursprünglichen bewegenden Muskelkraft das ganze Gebäude wieder in den ruhenden Gleichgewichtszustand zurücktreibt". Durch diese wichtigen Thatsachen erhält die zu allen Zeiten *) hervorgetretene Behauptung, dass die gewöhnliche Exspiration keiner besonderen Muskelwirkung bedürfe, was auch häufig als ein Beweis gegen die exspiratorische Thätigkeit der Interc. interni angeführt wurde, erst ihre physikalische Begründung.

Es wird also die durch die hintere Gelenkverbindung bedingte Bewegung einer Rippe durch deren vordere Befestigung an das Sternum bedeutend modificirt; die Rippe bewegt sich nicht um einen, sondern um zwei fixe Punkte. Es ist demnach diese kombinirte Bewegung schematisch nicht mit der eines einfach drehbaren Hebels, wohl aber mit der Drehung eines Bogens um seine Sehne vergleichbar. Zwar sind die Rippen keine starren Bogen, sondern einem Wechsel der Wölbung unterworfen; auch ist es der Wirklichkeit nicht ganz entsprechend, die das Rippenköpfchen mit dem Knorpelansatz am Brustbein verbindende Gerade als Bewegungsaxe des Rippenbogens anzusehen, da eigentlich vermöge der eigenthümlichen Neigungs- und Torsions-Verhältnisse der Rippen und der Natur der Gelenkverbindungen 2

---

*) Schon Galen sagt (de motu musc. l. II. c. 9): — exspirationis autem nullus musculus omnino opifex, sed hoc opus thoracis (nämlich bei der respir. inviolenta). — Haller (Op. min. tom. I. p. 283): Thorax sponte descendit, costaeque redeunt in situm exspirationis ex ipsa suarum articulationum natura ligamentorumve.

getrennte (unter sich parallele) Axen angenommen werden müssten, von denen die vordere noch dazu bei Hebung des Sternums ihren Ort verändert; aber im Allgemeinen genügt es, die Anschauung festzuhalten, dass die Rippen in ihren Bewegungsverhältnissen schematisch nur mit Bogen verglichen werden können, welche sich um 2 feste Punkte bewegen. Diese Anschauuug findet sich auch bereits bei Borelli, schärfer hingestellt von F. Bayle *); auch Haller's „Wälzung (rotari)" der Rippen stützt sich auf dieselbe.

Damit nun hat Budge **) die Mechanik der Intercostalmuskeln in Zusammenhang gebracht. Er geht davon aus, dass an der höchsten Wölbung eines Bogens die Bewegung desselben mit der geringsten Kraft ausführbar sei; eine zwischen 2 Bogen schief gespannte Faser wird daher auf denjenigen mit grösserer Kraft wirken müssen, an welchem ihre Insertion nicht dem einen Befestigungspunkte, sondern der höchsten Wölbung des Bogens näher liegt. Denn das Bewegungsmoment wächst hier nicht mit der Entfernumg von einem Befestigungspunkte des Bogens, sondern mit der senkrechten Entfernung zwischen Angriffspunkt und Drehungsaxe (Sehne). „Wenn daher eine Faser von einer minder gewölbten Stelle der einen Rippe zu einer stärker gewölbten der anderen geht, so wird letztere mehr als erstere bewegt werden müssen". Die Wölbung der Rippen nimmt aber, wie Budge durch Zahlen nachweist, von der 1. zur 6. Rippe zu, folglich können alle schief zwischen diesen

*) l. c. 69. p. 133. — ot revolvuntur tamquam circa polos immobiles, circa ea, quibus earum extremitates connectantur. Hinc perspicitur maximum esse motum partium illarum, quae sunt circa medium cujuslibet costae, quod partes illae sunt reliquis remotiores ab axe, qui concipitur traducta per polos. — Um so merkwürdiger ist es, dass Bayle das dieser Anschauung so wenig entsprechende Schema aufgestellt hat.

**) l. c. pag. 70. sq.

verlaufenden Muskeln nur hebende Wirkung haben. Von der 7. Rippe an jedoch nimmt die Wölbung ab, es müsste demnach schon die 6. abwärts gezogen werden; Budge glaubt aber, der Kraftverlust, welcher daraus für die Hebung entsteht, würde dadurch wieder ausgeglichen, dass die Intercostalmuskelebenen mit den durch die Rippenbogen gelegten Ebenen von oben nach abwärts immer grösser werdende Winkel einschliessen, also mehr tangential und demnach mit grösserer Kraft angreifen. —

Hiemit hat Budge den geometrisch-physikalischen Beweis Bayle's durch einen anderen ersetzt, dessen Voraussetzungen den natürlichen Verhältnissen der Rippen mehr angepasst sind. Schon Haller hatte seine Unzulässigkeit durch folgendes Experiment auf das Schlagendste bewiesen, welches er dem Hamberger'schen Leistenapparat gegenüberstellte: An einem präparirten Thorax befestigte er zwei Nägel, den einen weiter vorne an der 1. Rippe, den anderen weiter hinten an der 2., zog um beide eine Schnur, führte diese über eine am 1. Brustwirbel befestigte Rolle und hing daran ein Gewicht. Hierbei sowohl, als bei allen möglichen Variationen des Experimentes war das Resultat stets dasselbe: immer stieg die 2. Rippe zur 1. empor, nie umgekehrt; er wiederholte das Experiment zwischen der 5. und 6. Rippe: die 5. stieg kaum sichtbar nach abwärts, die 6. dagegen beträchtlich nach aufwärts. Um die Wirkung mehrerer Intercostalmuskeln zugleich nachzuahmen, brachte er an jeder wahren Rippe Nägel, und Schnüre nach der Richtung der I. interni an und liess nun alle Schnüre zugleich durch ein Gewicht anziehen: die Rippen wurden gehoben ähnlich einer mittleren Inspiration; zugleich wurde durch eine Bewegung derselben nach aussen der quere Durchmesser des Thorax zwischen 5. und 6. Rippe um 2''' erweitert; die Zwischenrippenräume wurden verkleinert, das Sternum entfernte sich von der Wirbelsäule unten mehr als

oben. Haller variirte das Experiment auf verschiedene Art, allein das Resultat war stets dasselbe *). — Es bestehen demnach am Thorax andere Verhältnisse als an Hamberger's Apparat, und es müssen bestimmte, sehr ausgiebige mechanische Ursachen vorhanden sein, welche bewirken, dass schief angreifende Kräfte auf die Rippen immer nur einen Effekt hervorbringen, nämlich Heben der Rippen. Haller glaubte, dass die grössere Festigkeit der oberen Rippen die unteren emporzusteigen bestimme; dies ist aber gewiss nicht das Einzige, sondern es kommt dabei auch die eigenthümliche Befestigung der Rippen, und namentlich das von Budge verwerthete Verhältniss der Rippenbogen in Betracht.

Aus der bisherigen Betrachtung dürfte zur Genüge hervorgehen, dass die Demonstration Bayle's und der davon abgeleitete Apparat von Hamberger auf die Rippenbewegung nicht anwendbar ist, indem dabei eine Componente derselben, nämlich die Drehung des Rippenbogens ganz unberücksichtigt bleibt; es können folglich auch die über die Wirkung der Intercostalmuskeln daraus gezogenen Schlüsse wenigstens für den grössten Theil derselben keine Beweiskraft beanspruchen. Jene ganze Demonstration ist mit einem Worte zu schematisch; höchstens die hintersten Theile der Rippen bis zum Angulus, die beiden untersten falschen Rippen, welche vorne frei sind, und die Rippenknorpel liessen sich mit jenen Hebeln vergleichen. Allein an ersterer Stelle, also da, wo sie wirklich senkende Wirkung haben müssten, fehlen gerade die I. interni, worauf mehrere Autoren **) besonders aufmerksam machen. Bezüg-

---

*) Was Hamberger gegen diese Experimente vorbringt, (diss. de resp. mechan. et usu genuino una cum scriptis etc) ist leere Spiegelfechterei.

**) Merkel, l. c. p. 21. Meissner, l. c. p. 490.

lich der beiden untersten Rippen aber bleibt nur zu berücksichtigen, dass gerade sie die geringste Bewegung nach aufwärts, die ausgiebigste dagegen nach auswärts machen. Der zwischen den Knorpeln liegende Theil der Interni (intercartilaginei) ist aber fast allgemein als inspiratorisch anerkannt, und hier ist die Richtigkeit des Beweises nicht zu bezweifeln; nur Donders und Ludwig, welche sich im übrigen Hamberger anschliessen, betrachten auch diesen Theil der Interni als exspiratorisch; Donders erwähnt es besonders, dass er sich von der Richtigkeit der Hamberger'schen Ansicht in diesem Punkte nicht habe überzeugen können, und kehrt also ganz zu Bayle zurück.

Es erübrigt noch einen Hauptpunkt der Lehre Hamberger's mit dem zu vergleichen, was man im Leben beobachtet; es ist dies der Satz, dass die Intercostalräume bei der Inspiration weiter werden (vgl. ob. p. 28), welcher sich mit Evidenz aus Bayle's Figur ergiebt, aber erst von Hamberger scharf hingestellt wurde. Haller bestritt diese Behauptung nach seinen Beobachtungen an lebenden Thieren und seinen Experimenten am präparirten Thorax. So leicht es auf den ersten Blick zu sein scheint, durch die Beobachtung am Menschen darüber ins Klare zu kommen, so schwierig ist es doch in Wirklichkeit, da man die Ränder der Rippen nicht genau fühlen kann; daher gehen auch jetzt noch über diese Frage die Ansichten so sehr auseinander. Hutchinson*) sagt, die Rippen entfernen sich bei der Inspiration von einander und nähern sich bei der Exspiration; dagegen bemerkt jedoch Sibson**), dass dies zwar für Reptilien und Vögel zutreffe, aber bei dem Menschen und den Säugethieren, deren Wirbelsäule

*) Med. chir. trans. vol. XXIX. p. 215.

**) Med. chir. trans. vol. XXXI. p. 360.

einen Bogen bildet (which have a dorsal arch), eine Modifikation erleide. Ob nämlich zwei parallele Stäbe bei Hebung oder Senkung an einer Axe näher zusammen, oder weiter auseinander gehen, hängt ganz von dem Winkel ab, unter welchem sie auf die Axe treffen; ihre grösste Entfernung von einander haben sie dann erreicht, wenn sie im rechten Winkel zu derselben stehen. Sibson berücksichtigt also, was Bayle und Hamberger nicht gethan haben, auch den verschiedenen Grad der Biegung der Wirbelsäule; da die oberen Rippen im rechten Winkel zur Wirbelsäule stehen*), so werden bei ihrer Hebung die Intercostalräume enger, die mittleren und unteren Rippen dagegen schliessen mit der Wirbelsäule nach unten immer spitzer werdende Winkel ein, beim Heben nähern sich diese den rechten, folglich müssen die Intercostalräume weiter werden. Von Einfluss auf die gegenseitigen Entfernungen der Rippen sei auch der Umstand, dass bei der Inspiration die Rückenwirbelsäule gewölbter würde**). — In den oben aufgeführten Fällen gelang es mir nicht, über die Weite der oberen Intercostalräume in den verschiedenen Respirationsphasen

---

*) Sibson bildet wenigstens schematisch das Verhältuiss so ab; ausführlich handelt er über diesen Punkt in Philos. trans. 1846. p. IV. p. 511 sq. An einigen Thoraxdurchschnitten schien mir jedoch die Stellung der obersten Rippen gegen den entsprechenden Theil der Wirbelsäule noch ziemlich viel vom rechten Winkel zurückzubleiben; beim Kaninchen dagegen und anderen Thieren (Schwein, Kalb), deren Athmen jedoch ein abdominales ist, ist der betreffende Winkel sogar etwas grösser, als ein rechter. — Ueber die Wichtigkeit des Neigungsgrades der oberen Rippen vgl. Freund, l. c. p. 59.

**) Eine Zunahme der Wölbung bei der Inspiration behauptet auch Merkel (l. c. p. 7); Hutchinson, Meissner und überhaupt die Mehrzahl der Physiologen nimmt im Gegentheil eine inspiratorische Streckung an.

etwas Sicheres zu ermitteln; sie schien sich kaum zu verändern, eher aber bei der Inspiration verringert, als vergrössert zu werden; an den unteren Intercostalräumen war eine unbedeutende Erweiterung deutlicher. Sibson*) will die Verengung der oberen, und Erweiterung der unteren Intercostalräume bei der Inspiration am lebenden Menschen beobachtet haben; nach Merkel bleiben sie so gut, wie unverändert. Erheblich kann die Erweiterung in keinem Falle sein, denn die seitliche Höhe des Thorax nimmt bei der Inspiration ab, was sich bereits bei Bayle **) angegeben findet und auch von Merkel ***) hervorgehoben wird. Denkt man sich durch die einzelnen Rippenbogen Ebenen gelegt, so müssen sich diese demnach bei der Inspiration gegenseitig nähern; doch wird dadurch eine inspiratorische Erweiterung der Intercostalräume noch nicht ausgeschlossen, vielmehr lehrt die Messung mit einem Band, dass die Curve, welche die Seitenfläche des Thorax bildet, nach einer tiefen Inspiration durch Vergrösserung der transversalen Durchmesser besonders der unteren Rippenringe, welche neben der Hebung auch eine stärkere Wölbung erfahren, länger ist, als nach der Exspiration. Folgende Zahlen mögen dies beweisen:

Länge des Thorax von der äusseren Hälfte der Clavicula bis zur Spitze der 11. Rippe mit einem sich anschmiegenden Band gemessen

nach der Exspiration	38 Cm.
nach einer tiefen Inspiration	40 Cm.

Senkrechte Entfernung beider Punkte von einander (Höhe des Thorax)

*) Phil. trans. l. c. p. 501. I.

**) l. c. p. 134. In elevatione quidem costarum minuitur versus latera altitudo thoracis.

***) l. c. p. 11.

Exspiration 36 Cm.

Inspiration $34^1/_2$ Cm.

Daraus ergiebt sich auch, dass die Erweiterung der unteren Intercostalräume jedenfalls eine sehr geringe ist, da obige Differenz von 2 Cm. zu Gunsten der Inspiration sich auf alle Intercostalräume vertheilt. Es ist also am wahrscheinlichsten, dass beim Menschen die oberen Intercostalräume sich entweder gar nicht verändern, oder in geringem Maasse verengen, die unteren aber etwas weiter werden; letzteres gilt besonders von den Zwischenknorpelräumen, auf welche ja Bayle's Beweis anwendbar ist.

Die Verengung der oberen Intercostalräume, welche Sibson durch die Stellung der Rippen gegen die Wirbelsäule zu erklären sucht, erklärt Haller *) daraus, dass die 1. Rippe wegen ihrer geringen Beweglichkeit bei der Inspiration nahezu stehen bleibe, folglich müsse sich ihr die mehr bewegliche 2. nähern, dieser wieder die mehr bewegliche 3. Weiter nach unten, wo Länge und Beweglichkeit der Rippen gleich sei, finde daher auch die Verengung nicht mehr statt. Eine Verengung der Intercostalräume ist nach Bayle's Schema mit Hebung der Rippen nicht zu vereinbaren; wohl aber lässt sich ihre Möglichkeit einsehen, wenn man die Bogennatur der Rippen im Auge behält. — Die unteren Intercostalräume müssen auch dadurch etwas weiter werden, dass die untersten Rippen sich nur sehr wenig nach aufwärts, vorwiegend aber nach auswärts bewegen; davon jedoch, dass die untersten Rippen bei der Inspiration gar nicht aufwärts, sondern vielmehr abwärts steigen, wie Reid **) angiebt, und auch Henle ***) für wahrscheinlich hält, konnte ich mich durch die Beobachtung an

*) Op. min. I. p. 290.

**) Todd, Cyclop. Art. Respiration p. 333.

***) Muskellehre p. 102.

mageren Personen durchaus nicht überzeugen; stets werden auch diese Rippen etwas gehoben, wiewohl ihre Hauptbewegung nach auswärts geht. Auch Sibson*) fand, dass die 12. Rippe stehen bleibt, die 11. aufsteigt, beide aber sich nach auswärts bewegen.

Es fragt sich nun aber, ob mit Erweiterung eines Theiles der Intercostalräume Contraktion der M. intercost. interni, so ferne sie sich dabei verkürzen sollen, stattfinden kann; nach Hamberger's Beweisführung ist es eine Unmöglichkeit. Allein es ist hiebei auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen: Die grösste Schiefheit der Interc. interni findet sich gerade in den Intercostalräumen, welche nicht erweitert werden, in den oberen, nach unten nehmen die Fasern einen immer mehr senkrechten Verlauf gegen die Rippen. Von oben nach unten nimmt aber auch die Neigung der Rippen gegen den Horizont zu, folglich ist bei ihrer Hebung die Bewegung nach vorwärts bei jeder unteren Rippe etwas grösser, als bei der nächst oberen; dadurch wird die Stellung der interni gegen die Rippen der senkrechten noch mehr genähert. Ferner ist in Betracht zu ziehen, dass die oberen Insertionen der interni an den oberen Kanten der sulci cost. inf. mehr nach innen sich befinden, als die unteren, während der Hebung aber, wobei die unteren Rippenränder etwas mehr auswärts, die oberen mehr nach einwärts gerichtet werden, beide Insertionen in eine mehr senkrechte Ebene zu liegen kommen. Der Einfluss einer geringen Erweiterung der Intercostalräume kann durch diese beiden Momente ausgeglichen werden; auch ist es durchaus nicht nothwendig, dass ein Muskel bei seiner Thätigkeit sich über seinen Gleichgewichtszustand verkürze, er kann gleichzeitig eine Dehnung erfahren und doch thätig sein. An der Leiche

---

*) Med. chir. trans. vol. XXXI. p. 361.

kann man sich leicht von der Grundlosigkeit der schematischen Anschauung Bayle's und Hamberger's überzeugen: man sieht nämlich, wenn man mehrere Rippen emporhebt, eine Erschlaffung und Runzelung der zwischen denselben befindlichen Interc. interni.

Hieran schliesst sich unmittelbar die direkte Beobachtung der Contraktion der inneren Intercostalmuskeln an lebenden Thieren an, welche Haller *), der darüber zahlreiche Vivisektionen an Hunden, Katzen und Kaninchen anstellte, hauptsächlich veranlasste, Hamberger entgegenzutreten. Er fand, dass bei der Inspiration sowohl die Int. externi, als interni, welche er freigelegt hatte, sich verkürzen, dem Finger Härte und Widerstand darbieten, und mehr perpendiculär werden; dass sie bei der Exspiration erschlaffen. Die oberen Intercostalräume verengten sich bedeutend, namentlich der 1., zuweilen um die Hälfte; die Knorpelzwischenräume dagegen wurden etwas weiter. Um diese Erscheinungen zu beobachten, muss man das Athmen der Thiere erschweren, da es, namentlich bei Kaninchen ein rein abdominales ist; Haller bewirkte dies gewöhnlich durch Anstechen einer Thoraxhälfte. Die Resultate der Experimente, welche Haller so einfach und klar erzählt, waren für ihn und seine Zeitgenossen beweisend für die hebende Wirkung der I. interni, und ich glaube sie können es auch jetzt noch sein; wenigstens sind die Gründe, womit Hutchinson **) ihre Beweiskraft anzweifelt, nicht stichhaltig. Man besitzt jetzt im Aetherisi-

*) Op. min. tom. I. p. 271 sq.

**) Art. Thorax p. 1046. — — under such circumstances — producing tetanic convulsions and then a deathlike relaxation from syncope, surely in such a condition the action of the respiratory muscles, so sensitive to the least mental emotion, could not well be determined.

ren, welches Kaninchen sehr gut und lange vertragen, ein Mittel, um die Respirationsbewegungen am blossgelegten Thorax lange Zeit beobachten und auf verschiedene Weise modificiren zu können, ohne durch „tetanische Convulsionen" in der Beobachtung gestört zu werden. Legt man bei einem ätherisirten Kaninchen die Intercostalräume frei, so sieht man zunächst an den oberen Rippen (bis zur 6.) und Zwischenrippenräumen gar keine Bewegung. Erschwert man aber durch Compression des Unterleibs das Herabsteigen des Zwerchfells, oder besser, erzeugt man durch Zuhalten von Mund und Nase ein grösseres Athmungsbedürfniss, so geräth der Thorax in Thätigkeit: Bei der Inspiration heben sich die Rippen, die oberen Intercostalräume verengen sich etwas, die Intercostalmuskeln sind gespannt und fühlen sich hart an; die unteren Intercostalräume werden in ihrer Weite wenig verändert. Sticht man auf einer Seite die Pleura an und lässt Luft eintreten, so wird die Thätigkeit der Intercostalmuskeln noch mehr verstärkt; obwohl nun die Exspiration hier eine sehr kräftige ist, den Intercost. interni also, wenn sie Exspiratoren wären, der günstigste Fall gegeben wäre, sich zu kontrahiren, so beobachtete ich doch kein Erhärten derselben; auf der perforirten Seite wurden sie etwas mehr vorgewölbt, als auf der anderen. Präparirte ich den Interc. externus des 5. Intercostalraums der einen Seite ab, und comprimirte, gleichviel, ob während In- oder Exspiration, den betreffenden Intercostalnerven mit einer feinen Pincette, so kontrahirte sich der Interc. internus bis gegen das Sternum hin sehr kräftig, die untere Rippe stieg dabei nach oben und aussen, und der Intercostalraum wurde bedeutend enger. Nach Zerquetschung des Nerven traten nachher von selbst noch mehrere kurze Zuckungen ein, welche denselben Erfolg hatten. — Es muss noch bemerkt werden, dass man die oben angeführten Erscheinungen beobachtet, ohne dass dabei die Bauchhöhle

eröffnet ist, da F. H. Schneider*) behauptet, die Erhebung der Rippen durch die Intercostalmuskeln in Haller's Experimenten hätte darin ihren Grund, dass der Thorax nach Eröffnung der Bauchhöhle seines unteren Stützpunktes beraubt sei, und also leicht nach oben gezogen werden könne; er betrachtet im Gegentheil die Intercostalmuskeln für simultan exspiratorisch wirkend, wobei er sich besonders auf die Verengung der Intercostalräume stützt, welche durch ihre Contraction bewirkt würde. Allein Haller giebt bei Erzählung seiner Experimente nicht an, dass er den Thieren immer die Bauchhöhle geöffnet habe; es ist wahrscheinlich, dass er es nur in den Fällen gethan hat, wo er durch Perforation des Zwerchfells einen Pneumothorax machte. — Dagegen bestätigt Haller's Resultate auch Budge, welcher in seinen Experimenten, um bei Kaninchen eine costale Respiration zu bewirken, die Nervi phrenici durchschnitt.

Das Gegentheil wurde nie durch Experimente wirklich bewiesen. Versuche dazu wurden schon zu Haller's Zeiten, namentlich auf Hamberger's Anregung gemacht; diese bestanden hauptsächlich darin, dass das Thier während der Inspiration strangulirt wurde; sie konnten sich demnach mehr nur auf die Verhältnisse der Intercostalräume in Inspirationsstellung beziehen. Diese Versuche können aber gar nichts beweisen, da der Thorax im Allgemeinen zwar die Inspirationsstellung beibehalten wird, diese aber dadurch sehr bedeutend modificirt werden muss, dass die Intercostalmuskeln in ihrer Contraction nachlassen, dem durch die letzten Exspirationsversuche verstärkten inneren Druck nachgeben, und in Folge dessen auch die Rippen eine andere Stellung einnehmen müssen. Von diesem Gesichts-

*) Quaestiones ad resp. mot. pertin. Diss. inaug. Dorp. 1840. §. 8. sq.

punkte aus sind auch die noch nicht erwähnten, von allen bisherigen abweichenden, sehr complicirten Ergebnisse aufzufassen, welche in neuerer Zeit Sibson *) wenn auch nicht von denselben, so doch analogen Versuchen ableitete. Er machte Vivisektionen am Hund und Esel, und beobachtete, welche Muskeln während der In- und Exspiration thätig waren. Hierauf blies er die Lungen der getödteten Thiere auf, und fand, dass dieselben Muskeln, welche vorher bei der Inspiration thätig gewesen waren, nun nach Aufblasen des Thorax sich verkürzt zeigten. Sibson glaubte daher durch Aufblasen des Thorax bezüglich der Muskeln dieselben Verhältnisse herzustellen, welche bei der Inspiration eintreten. Dadurch kam er für den Menschen zu folgender Aufstellung:

Die Intercostales externi der 7 oberen Rippen sind durchaus inspiratorisch; die 5 oberen intercartilaginei (die er auch von den internis trennt) sind rein inspiratorisch. Die 4 oberen interni sind vorne inspiratorisch (wo sich die Rippen einander nähern) und wirken hier gemeinschaftlich mit den externis in der diagonalen Richtung hebend, hinten (wo sich die Rippen von einander entfernen) exspiratorisch. Alles Uebrige von den internis ist exspiratorisch. Die 4 unteren sind vorne und seitlich exspiratorisch; hinten sind alle externi Inspiratoren.

Die von Galen zuerst vorgenommene, von Hamberger aber erst schärfer hingestellte Trennung eines Muskelstratums in mehrere Abtheilungen von verschiedener Wirkung findet sich hier in ihrer höchsten Ausbildung. Abgesehen nun von der physiologischen Unwahrscheinlichkeit, dass ein und dasselbe Muskelstratum in ein und demselben Intercostalraum an drei Stellen in entgegengesetzter Weise thätig

*) Philos. trans. l. c.

sein soll, dürfte doch auch ein Zweifel erlaubt sein, ob die durch Aufblasen der Lungen erzeugte Stellungsveränderung des Thorax und seiner einzelnen Theile der wirklichen Inspirationsstellung gleichkomme; und dieser Zweifel muss um so mehr gerechtfertigt erscheinen, als Hutchinson's auf dieselbe Weise angestellte Experimente*) bezüglich der Entfernung der Rippen von einander ein anderes Resultat ergaben; Hutchinson fand alle Intercostalräume an allen Stellen erweitert. Beim Aufblasen der Lungen werden zunächst diejenigen Theile des Thorax sich erweitern, welche die geringste Resistenz bieten, vor Allem wird also das Zwerchfell nachgeben; die Rippen werden aber wohl in soweit ihre Stellung verändern, als der Widerstand, den ihre Anordnung und Schwere darbietet, nicht grösser ist, als jener der Intercostalräume; jenseits dieser Grenze werden letztere vorgetrieben werden. Gerade die Stellen der Rippen aber, welche durch das Aufblasen nicht mehr gehoben werden, können im Leben durch die Thätigkeit der Intercostalmuskeln noch einer weiteren Erhebung fähig sein.

Ebenfalls durch Vivisektionen kamen Beau und Maissiat**) zu einem Resultat, welches zu dem Haller's im schroffsten Widerspruche steht; diese Forscher beschränken nämlich die Thätigkeit der Intercostalmuskeln nur auf die „complicirte Exspiration", also ähnlich wie Vesal. Von einer Anwendbarkeit dieser Lehre auf den Menschen kann nicht wohl die Rede sein, da hier gerade bei komplicirter Exspiration die Intercostalmuskeln nicht thätig sein können, sie würden sonst nicht vorgetrieben (siehe oben p. 7).

---

*) Art. Thorax p. 1048.

**) Arch. gen. 1842. Da mir das Original leider nicht zu vergleichen möglich ist, muss ich mich auf das beschränken, was sich bei Budge, Merkel und in dem Ref. in Schmidt's Jahrb. 1844. Bd. 41 p. 144 angegeben findet.

B. und M. stützen sich hauptsächlich darauf, dass die Rippenintervalle bei der Inspiration weiter würden; dabei würden die Intercostalmuskeln verlängert, hart, concav, bei einfacher Exspiration dagegen mässig verkürzt, minder hart, die Concavität ausgeglichen. Bei komplicirter Exspiration (Schreien etc.) dagegen soll sich höchste Verkürzung, Härte, Convexität einstellen. Dadurch sei ihre Contraktion bewiesen; die Härte der Muskeln bei der Inspiration dagegen soll Folge der passiven Anspannung in den erweiterten Intercostalräumen sein. — Traube*) hat ebenfalls über diesen Gegenstand eine Reihe von Experimenten angestellt, kommt aber zu einem anderen, dem Haller'schen sich mehr annähernden Resultat: dass nämlich bei Kaninchen die Levatores costarum breves und die Intercostales externi mit Sicherheit als inspiratorische Rippenheber zu betrachten sind; die interni im engeren Sinne jedoch kann T. nicht dafür halten, wohl aber fand er, dass die intercartilaginei sich bei der Inspiration kontrahiren, wesshalb er sie gleich Hamberger von den internis trennt. Die Ansicht von Beau und Maissiat hat zunächst also die direkten Beobachtungen mehrerer Experimentatoren gegen sich; es finden sich aber in ihrer Darstellung selbst Anhaltspunkte, welche eigentlich eher für unsere, als für ihre Anschaung verwerthet werden können. Für's erste nämlich kann die Erweiterung der Intercostalräume unmöglich so bedeutend sein, dass die elastischen Muskeln dadurch bis zur Härte angespannt werden, vielmehr scheint mir dieses Hartwerden als Ausdruck der Contraktion gedeutet werden zu müssen. Würden sich aber die Muskeln bei complicirter Exspiration wirklich auf's Höchste kontrahiren, so wäre wohl die Convexität nicht so hervorstechend, welche mir vielmehr der Vorwölbung der Intercostalräume bei com-

*) l. c.

plicirten Exspirationsbewegungen am Menschen analog zu sein scheint; die gesteigerte Härte wäre dann einfach aus der exspiratorischen Steigerung des Druckes im Thorax zu deuten.

Die Mehrzahl der am lebenden Thiere angestellten Beobachtungen stimmt demnach darin überein, dass den Interc. externis und dem zwischen den Rippenknorpeln befindlichen Theile der interni unzweifelhaft eine inspiratorische, hebende Wirkung zukomme; bezüglich des übrigen Theiles der interni, dessen Thätigkeit nicht so leicht zu beobachten ist, herrscht zwar nicht dieselbe Uebereinstimmung, doch ist eine Reihe von positiven Beobachtungen vorhanden, welche nicht beanstandet werden können. Es ergiebt aber auch, wie wir gesehen haben, eine vorurtheilsfreie Betrachtung der mechanischen und anatomischen Verhältnisse des Thorax wichtige Anhaltspunkte, welche nur zu Gunsten einer gemeinschaftlichen hebenden Wirkung der beiden Muskelschichten sprechen, und uns der so gezwungenen Annahme überheben, eine Muskelschicht, welche anatomisch durchaus als ein Zusammengehöriges erscheint, in zwei funktionell verschiedene Abtheilungen zu trennen, deren Grenze in den oberen Intercostalräumen noch dazu auf keine Weise scharf bestimmt werden könnte. Die anatomischen Eigenthümlichkeiten der Intercostalmuskeln, welche von Bayle und Hamberger ganz unberücksichtigt gelassen wurden, wollen wir hier im Zusammenhang noch etwas ausführlicher betrachten, da die Verschiedenheiten in Stärke und Richtung von der grössten Wichtigkeit sind.

Die Interc. externi haben ihre grösste Mächtigkeit hinten nahe der Wirbelsäule, wo sie mit den Levatores costarum untrennbar zusammenhängen, und werden nach vorne schwächer; umgekehrt sind die interni vorne zwischen den Knorpeln am stärksten entwickelt und nehmen nach hinten zu bis zum Angulus der Rippen, wo sie endigen, an Stärke ab. — Die Schiefheit der externi, welche überhaupt

beträchtlicher ist, als die der interni, nimmt von oben nach abwärts am Thorax zu, die der interni ab, so dass letztere in den untersten Intercostalräumen nahezu senkrecht gegen die Rippen stehen. Im einzelnen Intercostalraum nimmt die Neigung der externi von der Wirbelsäule gegen das Brustbein, die der interni in umgekehrter Richtung ab. Von Wichtigkeit ist endlich auch noch das durch die verschiedene Wölbung der Rippen bedingte Verhalten der Muskeln. Da nämlich die Rippenbogen vom 1. bis 6. an Wölbung zunehmen, so muss auch die zwischen zwei Rippen liegende Muskelschicht besonders seitlich und vorne eine von oben-innen nach unten-aussen verlaufende schiefe Ebene darstellen, was besonders im 1. Intercostalraum sehr deutlich ist. Von der 6. Rippe an abwärts nimmt diese Schiefheit ab, und die Intercostalmuskelebenen stehen mehr senkrecht und also zu den Drehungsbogen der Rippen mehr tangential. (Vgl. oben S. 33).

Die Muskeln sind jedenfalls da am mächtigsten, wo sie am wirksamsten sind: die äusseren Intercostalmuskeln werden daher am kräftigsten hinten zwischen den Rippen, die inneren vorne zwischen den Knorpeln wirken. Nun ist es aber gewiss selbst vom Standpunkte des Hamberger'schen Beweises aus bedeutsam, dass den inneren Intercostalmuskeln da, wo sie am stärksten entwickelt sind, gerade hebende Wirkung zukommt, und dass sie da endigen, wo ihre Wirkung vermöge der mechanischen Verhältnisse der Rippen keine hebende mehr sein könnte; dass endlich ihre Richtung sich da mehr der senkrechten nähert, wo die veränderte Neigung oder geringere Beweglichkeit der Rippen bei gleichbleibender Schiefheit der Muskeln der Hebung weniger günstig wäre. Dieses Verhalten und die oben erörterten mechanischen Verhältnisse, nämlich vor allem die eigenthümliche Bewegung der Rippenbogen und deren von oben nach abwärts zunehmende Beweglich-

keit lassen auch von theoretischer Seite keinen Zweifel, dass die Intercostalmuskeln und speziell die inneren, denn diese sind von jeher der hauptsächliche Streitpunkt gewesen, in ihrem ganzen Verlaufe nur hebende Wirkung haben können. Hiemit sind wir nun an dem Punkte angelangt, welchen wir oben anticipirten, als wir die aus den Beobachtungen am Menschen abgeleiteten Schlüsse, die sich strenge genommen nur auf den vorderen Theil der vier oberen Intercostalräume bezogen, bereits allgemein hinstellten.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch zweier Muskeln Erwähnung gethan, welche gewissermassen zu den Intercostalmuskeln gerechnet werden können, nämlich die M. subcostales (Winsl.) und der M. triangularis sterni. Erstere schliessen sich den inneren Intercostalmuskeln vollkommen an, sind daher wohl ebenfalls bei der Inspiration thätig; letzterer, eigentlich nur der oberste Theil des M. transversus abd., ist evident Exspirationsmuskel, was besonders durch die Thatsache bestätigt wird, dass man diesen Muskel bei Emphysematikern, wo die Rippenknorpel seiner herabziehenden Wirkung einen bedeutenden Widerstand darbieten, oft ausserordentlich stark entwickelt findet *).

Fragen wir schliesslich noch nach den speciellen Leistungen der Intercostalmuskeln, so lassen sich mit Berücksichtigung der einzelnen Faktoren der inspiratorischen Rippenbewegung aus den anatomischen Verhältnissen der Muskeln einige Anhaltspunkte darüber gewinnen.

Die Kräfte der beiden schiefen Faserzüge lassen sich in eine senkrecht auf die Rippenaxe wirkende, hebende, und in eine relativ zu jener in transversaler (resp. der Rippenaxe gleichlaufender) Richtung ziehende

*) Vgl. Freund, l. c. p. 93.

zerlegen. Da wo beide Muskelschichten über einander liegen, was bezüglich der Stärke offenbar von derselben Bedeutung ist, als am vorderen und hinteren Ende der Intercostalräume die grössere Mächtigkeit der einzelnen Schicht, summiren sich die hebenden Kräfte, die transversal ziehenden dagegen heben sich gegenseitig zum Theil auf, doch wird den Interc. externis wegen ihres schrägeren Verlaufes in dieser Beziehung ein Uebergewicht über die interni bleiben, und zwar von oben nach abwärts in zunehmendem Maasse, da die Schiefheit der ersteren zu, die der letzteren abnimmt. Umgekehrt haben die Interc. interni ein Uebergewicht hinsichtlich der hebenden Wirkung, weil sie von oben nach abwärts sich immer mehr senkrecht gegen die Rippen stellen, und weil sie hauptsächlich auf den vorderen beweglicheren Theil der Rippen wirken.

Mit der Hebung (resp. Drehung) der Rippenbogen bei der Inspiration ist auch noch eine Vermehrung ihrer Wölbung verbunden; obgleich nun diese Componente der inspiratorischen Rippenbewegung in den mechanischen Verhältnissen der Rippenbogen ihre Hauptursache hat, so wird doch eine nach hinten gegen die Wirbelsäule hin ziehende Kraft darauf ebenfalls von Einfluss sein, und diese tritt bei dem hinteren Theile der Interc. externi, besonders da wo die interni nicht mehr vorhanden sind, hauptsächlich in den Vordergrund, da ihre hebende Wirkung dort nur äusserst wenig zur Geltung kommen kann. Von höchster Wichtigkeit für die Vermehrung der Rippenwölbung ist die Hebung der Rippenknorpel, und somit tritt hier der vorderste Theil der Interc. interni in eine gewisse Beziehung zum hintersten der externi, indem jener die Knorpel direkt hebt, dieser aber die dadurch bewirkte, gleichsam nach hinten schiebende Kraft der Rippenknorpel durch Zug verstärkt, und damit zur

Vergrösserung des Winkels zwischen knöchernem und knorplichem Theile der Rippen beiträgt. Es ist gewiss auch von Bedeutung, dass die Schiefheit der externi gerade zwischen denjenigen Rippen zunimmt, welchen einestheils die wachsende Länge der Rippenknorpel, anderntheils die Form- und Stellungsveränderung der Querfortsatzpfannen eine grössere Beweglichkeit nach auswärts gestattet.

Die äusseren Intercostalmuskeln sind demnach in ihrem hintersten Theile hauptsächlich von Einfluss auf die Rippenwölbung; wo sie die inneren decken, wirken sie mit diesen zusammen hebend; den inneren aber kommt vorwiegend hebende Wirkung zu *). Es ergibt sich hieraus, dass beide Intercostalmuskeln sich in ihrer Thätigkeit gegenseitig unterstützen und ergänzen.

---

*) Vgl. Budge, l. c. p. 86.